

När skyarna faller

- Publika platser med hållbar skyfallshantering i den förtätade staden

When the skies fall

- Public space with sustainable stormwater management in the densified city

Millicent Skogsmyr



När skyarna faller – publika platser med hållbar skyfallshantering i den förtätade staden

When the skies fall –public space with sustainable stormwater management In the
densified city

Millicent Skogsmyr

Handledare: Åsa Bensch, SLU, Institutionen för Landskapsarkitektur,
planering och förvaltning

Examinator: Allan Gunnarsson, SLU, Institutionen för
Landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatexamensarbete i Landskapsarkitektur

Kursansvarig inst.: Institutionen för Landskapsarkitektur, planering och
förvaltning

Kurskod: EX0845

Ämne: Landskapsarkitektur

Program: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Millicent Skogsmyr

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: hållbar skyfallsplanering, öppen dagvattenhantering,
klimatförändringar, grönbå infrastruktur, förtätning

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Förord

Examensarbetet har utförts utifrån ramarna för examenskursen *Självständigt arbete i Landskapsarkitektur*, EX0845, 15 hp. Arbetet har skrivits inom ämnet landskapsarkitektur och under tredje året på Landskapsarkitektursprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp. Klimatförändringarna är en av de största utmaningarna som vi landskapsarkitekter står inför.

Översvämningar på grund av ökade mängder dagvatten och bristfällig hantering av skyfall, kommer att påverka en stor andel av världens befolkning om vi inte hittar innovativa, attraktiva och resilienta lösningar. Även kraven på förtätning av städer och medföljande brist på grönska är utmaningar som i framtiden kommer bli allt mer märkbara. Ett sätt att lösa dessa problem är genom att planera offentliga rum så att de tar hänsyn till flera av stadens olika behov på samma yta.

Jag vill börja med ett tack till Åsa Bench, min handledare, för guidning, hjälp, genomläsning och stöd. Tack också till Amanda Freng Blümke för granskning och inspirationssamtal. Sedan vill jag även tacka Io Skogsmyr för genomläsning och hjälp med textbearbetning. Sist men inte minst, Elin Rangford och Gabriella Croneborg för skrivsällskap och stöd i stressade stunder och till Åsa Thidell, för att du kunde hjälpa mig med bilder i sista sekunden.

Millicent Skogsmyr,
Alnarp 2019-05-27

Abstract

Due to the ongoing global warming, caused by fossil fuels and carbon dioxide emissions, the weather and climate is changing. This is a challenge that needs to be accounted for in the designing of public spaces. For example, periods of drought will be longer and the frequency of cloudbursts will be higher. In recent years, cities, for example Malmö and Copenhagen, has seen devastating results of inadequate stormwater management. Hence, the demand for sustainable and resilient stormwater management has increased.

The continued urbanisation has called for the densification of our cities, rather than exploitation of rural land, which in turn has caused urban green spaces to decrease in favor of developments grey infrastructure. The shortage of green space and soil compaction has lessened the ability of cityscapes to handle stormwater naturally, and in its place, most cities have a network of underground water pipelines. The inadequacy of this network has led to flooding when torrents have overloaded the pipes, with large negative economic consequences.

By combining space efficiency and sustainable stormwater management, new solutions to the problems needs to be developed. By creating public spaces - such as playgrounds, squares and parks - in a way that allows them to be temporarily flooded, one can give already appropriated space multiple functions. Multifunctional public spaces is a space efficient and sustainable solution to the stormwater management issue.

Sammanfattning

På grund av världens pågående globala uppvärmning som sker till följd av förbränning av fossila bränslen kommer vädret och klimatet att förändras inom det närmaste århundradet. Perioder av torka kommer bli allt längre och kraftiga skyfall kommer bli vanligare. Under de senaste åren har både Malmö och Köpenhamn utsatts för förödande skyfall där ledningssystem, källare och städernas gator översvämmades. Som reaktion har efterfrågan på hållbar och resilient skyfallshantering blivit att större.

Den fortsatta urbaniseringen har lett till att stadsplanering måste fokusera på att förtäta befintliga städer istället för att exploatera omkringliggande mark, vilket i sin tur har gjort att gröna platser inne i städerna har fått ge plats till bebyggelse. Bristen på grönska och ökningen av kompakterad mark, har minskat städernas möjlighet att hantera både dagvatten och skyfall med naturlig infiltration och stängda hanteringssystem har byggts under mark för att spara plats. Vid kraftiga regn har ledningssystemen överbelastas och till följd har kostnaderna blivit skyhöga.

För att kombinera platseffektiva lösningar med hållbar vattenhantering har man nu skapat nya sätt att planera staden. Genom att konstruera publika platser - som lekplatser, torg, parker och aktivitetsytor - så att de kan temporärt fördröja stora mängder vatten, kan man ge en redan använd plats i staden fler funktioner. Publika platser som multifunktionella stadsrum blir en platseffektiv och hållbar lösning på skyfallsproblematiken.

Innehållsförteckning

FÖRORD.....	4
ABSTRACT.....	5
SAMMANFATTNING.....	6
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	7
INLEDNING	8
BAKGRUND	8
MÅL	8
SYFTE	8
FRÅGESTÄLLNING.....	9
METOD OCH MATERIAL.....	9
AVGRÄNSNING.....	10
DEFINITION AV EN PUBLIK PLATS?	10
LITTERATURSTUDIE.....	12
VAD ÄR DEN GLOBALA UPPVÄRMNINGEN?	12
<i>Uppvärmningens orsaker</i>	<i>12</i>
<i>Effekter av den globala uppvärmningen på stadens klimat.....</i>	<i>13</i>
SKYFALL OCH DESS ROLL I DAGVATTENHANTERING	13
HISTORISKA OCH NUTIDA LÖSNINGAR PÅ DAGVATTENHANTERING	14
GRÖNBLÅ LÖSNINGAR FÖR HANTERING AV DAGVATTEN	15
DAGVATTENHANTERING PÅ PRIVAT OCH ALLMÄN PLATSMARK.....	17
ALTERNATIV FÖR DAGVATTEN- OCH SKYFALLSHANTERING I URBAN MILJÖ	17
<i>Stuprörskastare</i>	<i>17</i>
<i>Svackdiken.....</i>	<i>17</i>
<i>Fördröjningsmagasin.....</i>	<i>17</i>
<i>Infiltrationsytor</i>	<i>18</i>
<i>Multifunktionella ytor</i>	<i>18</i>
<i>Genomsläpplig beläggning.....</i>	<i>18</i>
<i>Rain gardens, regnbäddar.....</i>	<i>18</i>
<i>Skelettjordar.....</i>	<i>19</i>
<i>Infiltrationsstråk.....</i>	<i>19</i>
<i>Skyfallsvägar</i>	<i>20</i>
PUBLIC SPACE SOM BLÅ SKYFALLSHANTERING	21
GESTALTNING FÖR SKYFALL PÅ FÖRENINGSGATAN OCH RÖRSJÖSKOLAN	24
DISKUSSION OCH ANALYS.....	27
GRÖNT, SKÖNT OCH LÖNT	27
DE GRÖNBLÅ LÖSNINGARNAS KAPACITET	28
LÖSNINGSFÖRSLAGEN - VAD DE ÄR OCH VAD DE SAKNAR.....	28
MULTIFUNKTIONALITET I STADEN OCH STADSPLANERING FÖR ALLA VÄDER.....	29
SLUTSATS.....	31
METODDISKUSSION.....	31
AVSLUTANDE KOMMENTAR	33
LITTERATURFÖRTECKNING	34
BILDFÖRTECKNING	39

Inledning

Bakgrund

Konsekvenserna av klimatförändringarna blir allt mer påtagliga världen över. De kanske tydligaste effekterna i Norra Europa är ökad nederbörd och kraftigare skyfall. På dessa följer en högre risk för översvämningar, inte minst i städerna. En annan faktor som uppmärksammas de senaste åren är värmeböljor, som också de påverkar levnadsstandarden i städerna (Europeiska kommissionen, u.å.).

Den globala uppvärmningens effekt på klimatet kommer ställa allt högre krav på stadsplanering och städerna behöver designas på ett mer resilient sätt än vad de gör idag. Enligt Stockholms Stads Miljöbarometern (2019) måste miljöanpassning vara en betydande aspekt vid framtida stadsplanering, då fysisk planering är ett verktyg för att skydda människor, egendom och städer från skyfallsrelaterade skador. Enligt en artikel i Stadsbyggnad (Bäckman, 2018) påverkas effektiviteten hos en dagvattenanläggning av hur mycket regn som faller och under hur lång tid. Vid normala regnskurar kan öppna infiltrationsytor som grönytor och grusytor infiltrera allt det den volym vatten som tillförts, medan vid mer extrema skyfall mättas underlaget och det blir ett överflöd av vatten (Bäckman, 2018). Stadsplanerare behöver hitta lösningar som inte bara kan skydda befintliga strukturer utan också hantera den stora bredden av kommande påfrestningar (Stockholms Miljöbarometern, 2019).

En lösning som har använts tidigare i stor utsträckning är stängd dagvattenhantering. Exempel på detta är underjordiska fördröjningsmagasin, där en stenkista eller liknande anläggs under mark. Fördelen med dessa är att de tar lite markyta i anspråk men i längden är de skötselintensiva, dyra och riskerar att i hög grad sättas igen och då förlora sin funktion (Uppsala Vatten, u.å.).

Idag finns det ett växande intresse för att anlägga öppna grönbå lösningar för att minska den framtida problematiken kring dagvatten- och skyfallshantering. I jämförelse med stängd dagvattenhantering har öppen hantering en rad fördelar, både funktionsmässigt och estetisk.

Förutom att öppen dagvattenhantering fördröjer, infiltrerar och/eller renar dagvattnet, kan den dessutom vara rekreationell (Thynell & Fridell, 2018). Den bidrar även till att stabilisera grundvattennivån på platsen genom att infiltreras direkt ner i marken (Bäckman, 2018). Grönblå infrastruktur gör alltså staden mer hållbar, mer attraktiv och kanske viktigast, mer resilient för översvämningar, samtidigt som platsen och ytorna de kräver i den förtätade staden kan försvaras genom att de kan vara multifunktionella (Thynell & Fridell, 2018).

Mål

Målet med arbetet är att beskriva hur man kan anpassa städer för de ökade krav på hållbar skyfallshantering som uppstår till följd av klimatförändringarna. Dessutom behöver lösningarna ta hänsyn till den ökade förtätningen av städerna och därför också kunna användas i andra syften än dagvatten- och skyfallshantering; under de perioder anläggningarna inte används som ett led i dagvattenhantering ska de fylla estetiska och praktiska syften. Vidare är målet att visa hur en befintlig plats kan förändras för att möta dessa krav.

Syfte

Arbetet syftar till att skapa en fördjupad kunskap kring hållbar urban skyfallshantering. Avsikten är också att presentera och problematisera olika lösningsprinciper för att skapa en förståelse för

skyfallshanteringens plats i städerna: principerna kommer att diskuteras utifrån fyra befintligplatser med olika förutsättningar och lösningar. Slutligen syftar lösningsförslagen till att konkretisera den kunskap som inhämtas under arbetets gång.

Arbetet riktar sig mot landskapsarkitekter eller andra aktörer vars uppgift är att klimatanpassa och planera städer, alternativt andra studenter som är intresserade av att undersöka relaterade ämnen.

Frågeställning

Den huvudsakliga frågan som arbetet besvarar är: Hur kan man kombinera publika platserns funktioner med grönbå skyfallshantering?

För att ge ytterligare tydlighet kommer följande underfrågor besvaras:

- Varför behövs en hållbar skyfallshantering?
- Vilka alternativ av grönbå dagvattenhantering finns det och vilken kapacitet har de när det gäller att hantera skyfall?
- Hur kan man omgestalta en befintlig publik plats för att den ska behålla sin funktion och samtidigt kunna hantera ett skyfall?

Metod och material

Uppsatsen kommer till största delen utgöras av en litteraturstudie. Materialet kommer huvudsakligen från böcker, artiklar och andra publikationer. Sökmotorn Google Scholar och SLU:s databaser Primo och Epsilon har använts för att ta fram relevant artiklar och tidigare arbeten inom ämnet. Även populärvetenskapliga källor och skrifter har använts som underlag.

Under sökningen efter material har nyckelord använts. Exempel på dessa är “public space definition”, “multifunctional space”, “green and blue infrastructure”, “stormwater management”, “sustainable city planning”, “climate change” och “flooding”, samt synonymer och översättningar för svenskspråkig sökning. Sökningen har gjorts delvis på engelska för att få en bredare kunskapsbas och svenska såväl som internationella perspektiv.

Litteraturstudien kommer tillsammans med korta exempelbeskrivningar och lösningsförslag ligga som underlag till en diskussion och analys med inriktning på hållbar skyfallshantering i förtätade städer. Litteraturstudien kommer analyseras utifrån ovanstående frågeställningar, som har tagits fram för att uppfylla arbetets syfte och mål.

För att sätta arbetets teoretiska diskussion i relation till praktiken, kommer olika exempel på platser där man har implementerat lösningar på skyfallsproblematiken att beskrivas och diskuteras. Platserna är valda för att de ligger i områden utsatta för översvämningar och för att de behandlar multifunktionell urban skyfallshantering. För att kunna framföra exempel som ligger i framkant av nutida skyfallshantering har även platser utanför Skandinavien valts, men valen har begränsats till att platserna har samma eller liknande klimat som Sverige.

I arbetet presenteras ett lösningsförslag på en befintlig plats för att visa ett exempel på hur man kan applicera teorierna i praktiken, och hur dessa kan upplevas vistelsemässigt. Lösningsförslaget har baserats på de principer som framförs som grönbå lösningar på dagvattenhantering i arbetets litteraturläsa. Förslaget har baserats på platsens nuvarande förutsättningar och diskuterats i arbetets diskussion i relation till skyfallshantering i praktiken.

Avgränsning

Ämnet har avgränsats för att kunna behandlas inom uppsatsens omfattning och nivå. Till exempel kommer klimatförändringarnas påverkan på dagvatten diskuteras men problematik med havsvatten kommer inte tas upp. Inte heller kommer det göras ingående tekniska analyser av lösningar utan olika anläggningar kommer snarare diskuteras på en funktionell och mer övergripande skala.

Förtätning och exploatering kommer undersökas i relation till grönbå infrastruktur men inte som enskilda frågor.

Arbetet kommer fokusera på lösningar för den översvänningsproblematik som uppstår vid skyfall och inte främst på vardaglig hantering av dagvatten.

Publika platser och multifunktionalitet kommer diskuteras i relation till en plats gestaltning snarare än till människors användning. För att kunna diskutera det i arbetet har det engelska begreppet public space undersökts snarare än svenskans publika platser just för att diskursen kring begreppet främst förs på engelska. Under arbetet kommer det svenska begreppet publika platser användas som en direkt översättning på public space.

Dagvattenhantering med hjälp av olika typer av underjordiska magasin kommer inte tas upp som en lösning då detta inte tillför en ytterligare funktion i staden. De kommer dock kort att diskuteras som en del av nutida och historisk dagvattenhantering.

Val av städer till fallstudien har avgränsats till att de ligger i Norra Europa eller Skandinavien för att säkra relevanta klimatförutsättningar för lösningar som går att implementera i Sverige.

Utöver detta har platserna valts för att de har gestaltats på ett sätt som faller inom arbetets mål, det vill säga att de har kapacitet att ta hand om översvämningar och samtidigt bibehålla sin vardagliga funktion. Den plats som har valts för att visa appliceringar av olika sätt att hantera skyfall har valts utifrån platser som översvämmades under skyfallet i Malmö 2014. Förslagen kommer visas i syftet att ge olika sorters skyfallshantering en kontext och inte som faktiskt gestaltungsförslag. De kommer inte baseras på mätningar eller djupare undersökning av platsen, utan endast på hur en plats hade kunnat förändras med fokus på skyfallshanteringen.

Definition av en publik plats?

För att kunna diskutera public space som multifunktionella platser behövs det tas fram en definition av public space i relation till multifunktionalitet. UNESCO (u.å.) föreslår följande definition:

“A public space refers to an area or place that is open and accessible to all peoples, regardless of gender, race, ethnicity, age or socio-economic level. These are public gathering spaces such as plazas, squares and parks. Connecting spaces, such as sidewalks and streets, are also public spaces. In the 21st century, some even consider the virtual spaces available through the internet as a new type of public space that develops interaction and social mixing.” (UNESCO, Inclusion Through Access to Public Space, u.å.)

UNESCO (u.å.) diskuterar även vad som gör att public space är så viktigt. Enligt dem, behövs allmänna platser för att skapa välfungerande städer, dialog och för att uppmuntra till *“social mixing, civic participation, recreation, and a sense of belonging”* (UNESCO, u.å.).

Jan Gehl och Anne Matan (2009) diskuterar i sin artikel *“Two Perspectives on Public Space”* hur det är sociala aspekter som skapar public space. De skriver både om förutsättningarna - huruvida platsen är privat eller allmän, om den är utomhus eller inomhus - och funktionerna, om de är nödvändiga eller frivilliga. De har i sin artikel recenserat två böcker av olika författare som i sin

tur har försökt definiera public space, *Designs on the Public* av Kristine Miller (2007) och *Convivial Urban Spaces* av Henry Shafte (2008). Gehl och Matan (2009) beskriver hur Miller har argumenterat med hjälp av både stadsplanering och sociologi för att bevisa att public space skapas av båda. Shaftoes arbete, beskrivs av Gehl och Matan som att snarare handla om vilken användning och "personlighet" olika platser har och vad som skapar en "bra" plats. Sammanfattningsvis kommer Gehl och Matan (2009) fram till att public spaces främst ska vara demokratiska:

"The authors strengthen the voices advocating for public spaces designed for people, that are healthy, lively, sustainable, safe and democratic public spaces, that provide a people friendly social realm, able to complement modern, consumer – private-orientated lifestyles." (Gehl & Matan, 2009, s.109)

Public space, från och med här kallat publika platser, kommer i det här arbetet definieras som en gestaltad och allmän plats i staden. Arbetet går ut på att undersöka publika platser som blir multifunktionella när de även används som en del av skyfallshanteringen. På grund av detta behöver de platser som undersöks ha publika funktioner från början, till exempel att vara ett torg eller annan yta där människor rör sig i vardagen. Huruvida platsen är allmän eller privat är inte den viktigaste aspekten utan att den används dagligen av invånarna kommer få ett större fokus.

Litteraturstudie

Vad är den globala uppvärmningen?

Under geologisk tid har jordens klimat karaktäriserats av upp- och nedgångar i medeltemperatur (WWF u.å. a). På grund av framför allt människans förbränning av fossila bränslen såsom olja och kol, har dock uppvärmningen ökat i hastighet: den förändring som skett det senaste seklet motsvarar en temperaturförändring som tidigare tagit flera tusen år. Uppvärmningen är resultatet av hur utsläppen förstärker växthuseffekten som i sig själv är ett naturligt fenomen där ett gastäcke fångar solenergi i jordens atmosfär och skapar planetens klimat (se figur 1) (WWF u.å. a). Människans utsläpp av växthusgaser, såsom koldioxid och metan, har förmerat gastäcket och därmed ökat den värmehållande förmågan. Effekten har förstärkts ytterligare genom utsläpp av konstgjorda ämnen, som till exempel freoner. IPCC (2018) har konstaterat att det är till 95 % säkert att naturliga orsaker endast står för mindre än 10 % av temperaturförändringen (WWF u.å. a; IPCC, 2001; IPCC, 2018).



Figur 1. Växthuseffekten och den globala uppvärmningen. Solenergi strålas in i jordens atmosfär och värmer upp planeten. Våglängderna som inte är långa nog att ta sig igenom gastäcket (till stor del koldioxid) studsar tillbaka in i atmosfären och tillför ytterligare värme. Ju tätare gastäcke, desto mer värmeenergi stannar i atmosfären. Illustration av författaren, fritt från Naturskyddsföreningen, *Faktablad: Växthuseffekten*.

Uppvärmningens orsaker

Världens pågående klimatförändringar beror alltså på de växthusgaser och utsläpp från fossila bränslen som människan har skapat under de senaste hundra åren (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001). Sedan industriella revolutionens början har mängden koldioxid i atmosfären ökat med 31 %. Världens land och hav har idag kapacitet att hantera ca hälften av den koldioxid som finns i atmosfären, medan resten räknas i klimatsammanhang som överskott. Största delen av detta överskott har skapats av förbränning av fossila bränslen detta är dock inte det enda mänskliga bidraget: en fjärdedel av koldioxidutsläppen är resultatet av skogsskövling. Skog har en stor förmåga att binda koldioxid (IPCC, 2001). Även exploatering av övrig mark har en negativ effekt på klimatet, då exploaterad och uppbruten mark inte har samma kapacitet att binda gasen som naturmark (IPCC, 2001). IPCC har också visat att pågående konsumtion och utsläpp kommer fortsätta påverka jorden klimat resten av detta århundrade, även om utsläppen redan idag hade minskat till noll.

WWF (u.å. b) skriver om hur klimateffekterna vi ser idag är resultatet av utsläpp som skedde

under mitten på 1900-talet. Anledningen till fördröjningen är att haven agerar som buffert och kan ta upp värme och koldioxid från atmosfären. Majoriteten av den globala uppvärmningen har fram tills idag bundits av vattenmassorna, vars buffertkapacitet nu har mätts (WWF u.å. b). Vid planering av städer bör man ha i åtanke att den temperaturhöjning som mäts är planetens medeltemperatur. I och med att det oftast är varmare på land än i havet, kan temperaturökningen i städerna förväntas bli högre än det globalt satta målet på 1,5 grader (IPCC, 2018).

Effekter av den globala uppvärmningen på stadens klimat

Vad innebär då denna klimatförändring rent praktiskt? En av de mest påtagliga konsekvenserna av den globala uppvärmningen är högre risk för och tätare frekvens av översvämningar (Hirabayashi et al., 2013). Vid 1 C° ökning i medeltemperatur kommer antalet översvämningar kommer att öka med 42 %. I och med jordens ökande befolkning, innebär detta att fem gånger så många människor kommer bo i riskzonen för översvämningar än idag. Denna effekt kommer ha störst inverkan på länder i Sydostasien, men kommer även märkas av i Europa (ibid.).

IPCC skriver i sin rapport *AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability* om de temperaturförändringar som förväntas ske i Europa. Enligt rapporten har främst Skandinavien vintrar blivit mildare. Sedan mätningar från förra sekelskiftet, 1800-1900, har medeltemperaturen höjts med mer än 1 grad. Till exempel har värmetoppar blivit vanligare medan man mer sällan ser extrema köldtemperaturer (IPCC, 2014). Utöver att vädret och klimatet kommer förändras i sin helhet, kommer även extremväder både att öka och bli allt mer extremt. Särskilt värmeböljor, torkperioder och skyfall kommer öka i frekvens och styrka. Det är också möjligt att norra Europa kommer utsättas för kraftigare vindar om stormars rörelsemönster förändras (ibid.).

I norra Europa har nederbörden har ökat sedan mitten på 1900-talet, samtidigt som den har minskat i de södra delarna. För Sverige specifikt nämner IPCC att nederbörden kommer minska i Götaland, särskilt under sommarhalvåret, samtidigt som den kommer öka under vinterhalvåret och då främst i Svealand och Norrland. Nederbörden kommer dock huvudsakligen falla som regn istället för snö och den totala mängden snötäckta områden kommer att sjunka inom det närmaste århundrandet.

Samtidigt som det kommer ske en ökning i nederbörd finns det också en redan dokumenterad höjning av havsnivåerna (IPCC, 2014). Att förutse exakta regionala förändringar är dock inte möjligt med hittills insamlade data. Det IPCC presenterar är resultat från studier i Nederländerna och Storbritannien, som visar på en lokal havshöjning på 0,4-1 m respektive 0,9-1,9 m. Dock, på grund av otillräckliga fakta, är detta en högst osäker prognos (IPCC, 2014). Sammanfattningsvis, kommer städerna utsättas för varmare klimat med en högre skyfallsfrekvens.

Skyfall och dess roll i dagvattenhantering

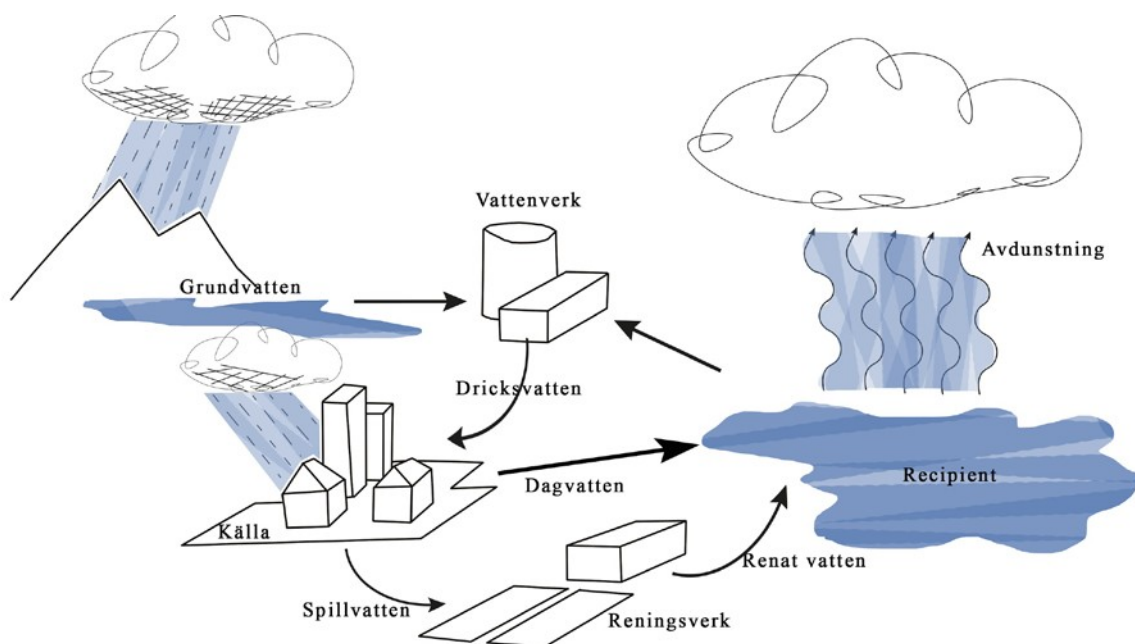
För att beskriva storleken på olika typer av nederbörd talar man om 1-, 5-, 10-, 20-, 50- och 100-årsregn. SMHI (2018) förklarar beteckningen som att den anger hur ofta det förekommer nederbörd av en viss volym per tidsenhet. Ju längre återkomsttid, desto kraftigare regn. Återkomsttiden är inte exakt, utan baserat på historisk statistik över hur ofta extrema skyfall i olika storlekar, varaktighet och intensitet har fallit (SMHI, 2018).

Skyfall förändrar förutsättningarna för dagvattenhantering i tätbebyggda städer. I Malmös skyfallsplan (Malmö Stad, 2016) beskrivs skyfall som regn som inte kan tas upp i det vardagliga dagvattensystemet och som därmed bidrar till överbelastningar och översvämningar. Dagvattensystemet behöver en ytterligare dimension för att kunna hantera skyfall. Hur ser

dagvattenhanteringen ut i dagsläget?

Dagvatten kan förenklat beskrivas som regn- och smältvatten som samlas från hård infrastruktur, som till exempel byggnader eller hårdgjorda ytor (se figur 2) (Persson et al., 2009). På marker som inte är hårdgjorda kan vattnet infiltreras naturligt genom marken och vidare till grundvattnet. Via infiltrationen renas vattnet naturligt innan det når ut till vattendragen (Göteborgs Stad, u.å.).

Den hårdgjorda markbeläggningen i städer hindrar den naturliga dagvattenhanteringen och vattenmassorna som faller måste på dessa ytor ledas bort för att tas om hand på en annan plats (Persson et al., 2009). Att leda bort vatten på detta sätt innebär att vattnet måste renas på reningsverk innan det kan ledas till vattendragen. Vatten som har runnit av hårdgjorda ytor innehåller ofta föroreningar och tungmetaller från underlaget. Om det leds genom stängda system istället för att infiltreras ner i marken, blir reningen extra viktig (Göteborgs Stad, u.å.). Att bygga hårdgjorda städer påfrestar alltså vattensystemen och gör det svårare att rena dagvattnet på naturlig väg.



Figur 2. Vattnets kretslopp. In till städerna förs dricksvatten via vattenverk från dricksvattenskällan (till exempel en sjö) och från grundvattnet (ofta dagvatten som renats naturligt via markinfiltration). Från den så kallade källan, där regn- och smältvatten faller, leds dagvatten till recipienten. Från staden kommer spillvatten, som förs till reningsverk, och dagvatten, som leds till recipienten. Illustration av författaren, fritt från Lidköpings kommun, *Vattnets kretslopp*.

Historiska och nutida lösningar på dagvattenhantering

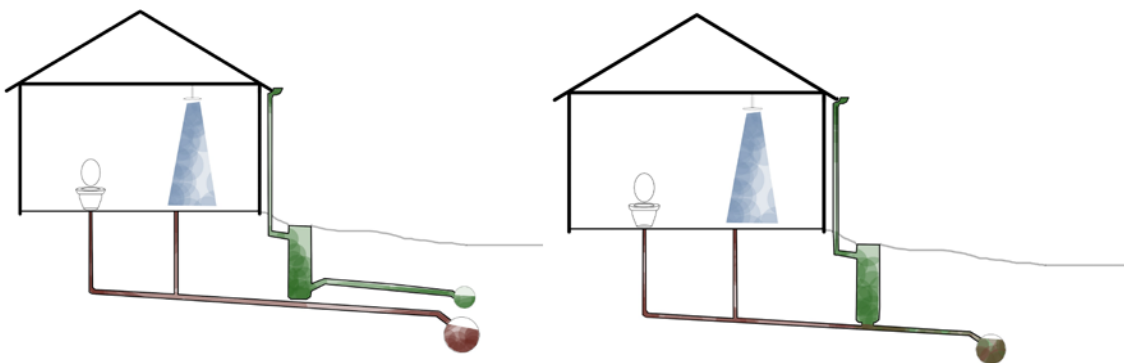
Historiskt sett har städernas vattensystem bestått av stängd dagvattenhantering där dagvatten och spillvatten samlats i samma ledningar. Spillvatten är det vatten som tillförs systemet från industrier och hushåll, till exempel toaletter och duschar. Dessa, så kallade kombinerade ledningar, kan dock ställa till med problem, vilket är anledningen till att de blivit omoderna. När områden med kombinerade ledningar överbelastas finns det risk för att vattnet tränger upp i spillvattenledningar och trycker tillbaka förorenat vatten upp i brunnar och avlopp och orsakar översvämningar även inomhus. Då skapas en hälso- och smittorisk eftersom spillvattnet innehåller farliga bakterier från avloppen. En vanlig orsak till överbelastningen är just skyfall (SMHI, 2016, Västvatten u.å., NSVA, u.å. b).

Stängd dagvattenhantering innebär också att möjligheten att ta hand om vattnet vid källan inte

utnyttjas. Vattnet leds bort från den plats det fallit på och de naturliga processerna för att rena och infiltrera vattnet används inte (Persson et al. 2009). Då den stängda dagvattenhanteringen sker i ledningar där vattnet inte renas på vägen, måste vattnet dessutom ledas till ett reningsverk innan det når den slutgiltiga recipienten. Med kombinerade ledningar leds dagvattnet tillsammans med spillvattnet, vilket i sin tur leder till att dagvattnet utsätts för onödigt mycket rening (SMHI, 2016, Västvatten u.å., NSVA, u.å. b).

En annan stängd dagvattenlösning är duplikatsystem. Hanteringen sker fortfarande i ledningar, men här skiljer man dagvattenledningarna från spillvattenledningar. Risken för att spillvatten kontaminerar dagvatten vid en översvämning blir betydligt mindre (NSVA, u.å. a). Med duplikatsystem läggs dagvattenledningarna ofta över spillvattensystemet för att fylla dagvattenbrunnarna om det överbelastas snarare än att blandas med spillvattnet (se figur 3 a och b). Detta gör att vid skyfall kommer markytan översvämmas men inte med spillvatten. I kombinerade ledningar, däremot, riskerar spillvattnet översvämma källare, eller nå upp till markytan via dagvattenbrunnar och bli en smittorisk (NSVA, u.å. a). Duplikatsystem är alltså en säkrare lösning än kombinerade lösningar, men hanterar fortfarande den ökade belastningen skyfall innebär

För att hantera större mängder vatten kan man koppla på dagvattenmagasin på ledningssystemet (NSVA, u.å. a). Målet med dessa är att fördröja vatten under de tider som systemet belastas hårt och på så sätt undvika översvämning. Förutom att magasin är ett krav vid nybyggen av ledningssystem, kan man koppla på dem på gamla ledningssystem för att avlasta systemen (ibid.). Dock är dessa magasin platskrävande och tillför inga ytterligare funktioner i staden.



Figur 3 a och b. Duplikatsystem respektive kombinerat dagvattensystem. Illustration av författaren.

Grönblå lösningar för hantering av dagvatten

“För att klimatanpassa urbana miljöer krävs grön och blå infrastruktur”
(SMHI, Dagvatten och spillvatten, 2016)

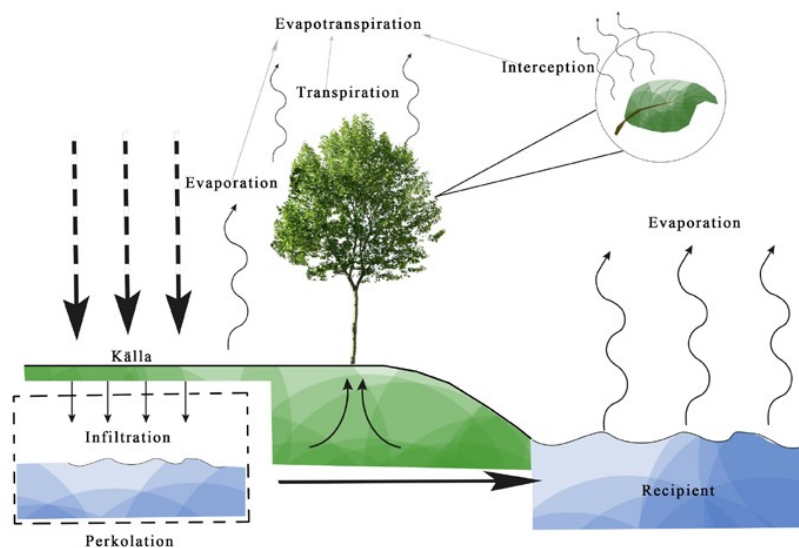
Enligt Naturvårdsverket (2019a) kan grön infrastruktur beskrivas som “ett ekologiskt funktionellt nätverk av livsmiljöer och strukturer, naturområden samt anlagda element som utformas, brukas och förvaltas på ett sätt så att biologisk mångfald bevaras och för samhället viktiga ekosystemtjänster främjas i hela landskapet” (Naturvårdsverket, 2019a, Grön infrastruktur). Grön infrastruktur är alltså ett sammanhängande system av “natur”. Den gröna infrastrukturen ska binda samman livsmiljöer via så kallade ledelement; exempelvis vägkanter och häckar (Naturvårdsverket, 2018). Människan har under de senaste hundra åren effektiviserat jordbruket och då rästat ut och täckt för vattendrag

och torrlagt våtmarker. Detta har lett till att landskapet i sin helhet har blivit sämre på att hantera extremvärden i vattenstånd - både låga och höga. Naturvårdsverket kräver att grön infrastruktur ska prioriteras i stadsplaneringen (Naturvårdsverket, 2018).

Anläggning av grönbå infrastruktur är ett av de viktigaste verktygen man kan använda inom stadsplanering för att skapa klimatsmarta och resilienta städer (Demureze, et al. 2014). Bland annat kan grönska bidra med en rad olika ekosystemtjänster och ge fysiska såväl som psykiska förtjänster. Ekosystemtjänster är enligt Naturvårdsverket (2019b) produkter och funktioner i naturliga ekosystem som på något sätt bidrar till människors välbefinnande. Exempel på detta är positiva hälsoeffekter såsom sänkt puls och blodtryck. Andra ekosystemtjänster är temperaturreglering och gynnsamma miljöer för bin och därmed för pollinering (Naturvårdsverket, 2019b). Grön infrastruktur ger också möjligheten till att använda samma plats i staden till flera olika funktioner och därigenom skapa både en stad med ett varierande intryck och en stad som har ett hållbart dagvattensystem (Demureze et al. 2014). Författarna belyser vikten av att förstå grönskans roll i flera olika skalor; i staden som helhet, kvartersmässigt och på varje enskild grön plats.

Även inom planering av dagvattenhantering är grönbå infrastruktur ett viktigt verktyg enligt Persson et al. (2009). De menar att grönbå infrastruktur tar hänsyn till platsens topografi och befintliga biologiska värden för att kunna efterlikna eller återskapa naturlika infiltrationssystem. Genom att hantera vattnet på detta sätt *“kan biologiska värden tillföras den urbana miljön samtidigt som en rening sker av vattnet innan det når sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvattnen”* (Persson et al., 2009 s.3).

Vid grönbå hantering utnyttjas fem olika processer för att föra bort vattnet från källan (Lundin, 2015); infiltration, perkolation, transpiration, evaporation och interception (se figur 4). Den kanske mest centrala processen i öppen dagvattenhantering är infiltration, där vattnet filtreras genom markytans porer och renas på vägen ner till grundvattnet. Beroende på jordens sammansättning har marken en varierande förmåga att förvara, perkolera, vatten. Både transpiration och interception är direkt relaterade till platsens växtmaterial. Interception är vatten som fallit på och sedan avdunstat från växten bladyta. Transpiration syftar på det vatten som växten först tagit upp via rötterna och sedan släppt ut genom sina klyvöppningar (Lundin, 2015 & Åberg, 2007).



Figur 4. Dagvattnets naturliga kretslopp. Nederbörd faller på en plats (källan), där vattnet infiltreras ner i marken mot dagvattnet. Vattnet renas via infiltrationen och förs mot recipienten, till exempel en sjö. Delar av nederbörden avdunstar, både från källan och recipienten. Illustration av författaren, fritt från Skövde Kommun, *Riktlinjer för dagvatten*, s.7

Dagvattenhantering på privat och allmän platsmark

Med klimatförändringarna blir det viktigare att hantera och fördröja vatten på plats, istället för att låta den huvudsakliga vattenhanteringen ske på väg mot recipienten (Thynell & Fridell, 2018). När man infiltrerar och renar vattnet vid källan kallas det lokalt omhändertagande av dagvatten, LOD. Detta sker på privat mark, och innebär att man renar vattnet redan innan det når de allmänna VA-ledningarna. Ett exempel är anläggningen av gröna tak. På detta vis hanteras regn- och smältvatten av privata aktörer och vattnet får ett mer naturligt kretslopp samtidigt som det avlastar VA-ledningarna och reningsverken (Kögerström, L., 2010 via Aalto, A., 2013).

LOD kan ge både ekonomiska och ekologiska fördelar. När dagvattnet infiltreras genom markytan kan det stabilisera grundvattennivåerna, och minska risken för sättningar på byggnader (Bäckman, 2018; Lidingö Stad u.å.). Enligt Bäckmans (2018) artikel *Skyfallens ABC* i Stadsbyggnad kan LOD bidra till att hantera de vattenvolymer som uppstår vid skyfall och tillföra estetiska värden med hjälp av vegetation (Bäckman, 2018).

Svenskt Vatten beskriver att förutom LOD finns det ytterligare tre olika sätt att arbeta med fördröjning; fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning (Svenskt Vatten, 2011, se Nilsson, 2016). Motsvarigheten till LOD-metoden, fast på allmän snarare än privat mark, kallas fördröjning nära källan. Till denna kategori hör bland annat ytor och diken som tål att översvämmas utan att skadas. Huvudpoängen är att fördröja snarare än att infiltrera vattnet. Trög avledning (kanaler, bäckar och diken) samt samlad fördröjning (våtmarker) innebär att vattnet sakta får ledas över till exempel en gräsbevuxen yta mot infiltrationspunkten eller en mer permanent fördröjningspunkt (Persson, 2009; Nilsson, 2016).

Alternativ för dagvatten- och skyfallshantering i urban miljö

Öppen dagvattenhantering kan anpassas efter de specifika behoven i området. Beroende på omfattningen av avrinnings- eller upptagningsområdet krävs olika dimensioneringar av systemet. Här följer en redogörelse för de vanligaste metoderna som används i grönblå dagvattenhantering.

Stuprörskastare

Från byggnadens tak och stuprör kan man koppla så kallade stuprörskastare. Dessa leder vattnet via rännor till infiltrationsytor eller växtbäddar. Rännor används ofta vid linjeavvattnings på offentliga platser och enligt Uppsala Vatten (u.å.) skapar de också estetiska inslag i utemiljön.

Svackdiken

Svackdiken är en lösning vars huvudsakliga uppgift är att fördröja och förflytta vatten snarare än att infiltrera och rena på plats. Svackdiken brukar anläggas bredvid hårdgjorda ytor, exempelvis bilvägar, som i sin tur höjdsätts med en låglinje utmed diket. En viktig funktion hos svackdiken, när de används i anslutning till växtbäddar eller infiltrationsytor, är att de kan fånga upp grövre sediment och på så sätt minska risken för igensättning av infiltreringen (Stockholm vatten och avfall, u.å. a).

Fördröjningsmagasin

För att kunna hantera större volymer vatten med grönblå infrastruktur kan man anlägga fördröjningsmagasin - inte i form av underjordiska stenkistor, utan snarare som dammar eller våtmarker. Lösningen kräver mycket plats men kan med fördel anläggas tillsammans med tät vegetation, som kan hjälpa till och hantera näringsnivåerna i vattnet (Persson, 2009). Den främsta funktionen hos fördröjningsmagasin är att kunna hantera och rena stora mängder vatten, men

dammar och våtmarker kan också anläggas som slutgiltiga recipienter (Stockholm vatten och avlopp, u.å. b). Större partiklar och föroreningar binds till jordpartiklar som sedimenteras. Med hjälp av växter kan även biologiska partiklar bindas. För att bibehålla en effektiv sedimentation behöver vattenflödet samt in- och utlopp kontrolleras. Detta kan bland annat göras med hjälp av en varierande topografi på dammens botten, men också med hjälp av vegetation som bromsar upp flödet. Ju långsammare och längre vattnet tvingas röra sig, desto finare partiklar kan sedimenteras och desto effektivare blir reningen. En fördel med att använda våtmarker är att de också har höga rekreativvärden och vistelsevärden (Stockholms vatten och avlopp, u.å. b) Medan anläggningarna bidrar till en naturlig och miljövänlig reningsprocess kräver de dock mycket plats och skötsel.

Infiltrationsytor

Större ytor eller växtbäddar i staden kan användas som infiltrationsytor. För detta krävs det att underlaget är genomsläppligt och ickekompakterat. Dagvattnet filtreras genom markytan för perkolation och sedan till grundvattnet eller dräneringssystem. Infiltrationsytor måste ofta kompletteras med bland annat bräddningssystem och dränering för att kunna ta emot vatten under vintertid eller andra tillfällen då marken blir mättad (Uppsala Vatten, u.å.).

Multifunktionella ytor

Med multifunktionella ytor avses ytor som parker, parkeringsplatser och gator. Vatten fördröjs och infiltreras på en plats som tillåts temporärt översvämmas vid ett skyfall. (Göteborgs Stad, 2017). I Malmö skyfallsplan beskrivs multifunktionella ytor som den största möjligheten för hållbar skyfallshantering. Vidare skriver de om vikten av att fördröjningsytor i dagens exploateringsbenägna städer även tillför vistelsevärden då de inte används för skyfallshantering (Malmö Stad, 2016).

Genomsläpplig beläggning

I städer är det ofta problem med markinfiltration på grund av markytan är hårdgjord. För att kunna behålla de funktioner som hårdgjorda ytor ger kan de anläggas med en permeabel, genomsläpplig, beläggning. En nackdel är att ytorna då kräver en högre skötselintensitet som ökar med trafikflödet (Uppsala Vatten u.å.). För att ytan ska fungera effektivt behöver den anläggas med en dränerad överbyggnad. Krävs ytterligare kapacitet behöver ytan även förses med bortledande dräneringssystem (Göteborgs Stad, 2017).

Rain gardens, regnbäddar

Den kanske mest estetiska lösningen på dagvattenhantering är regnbäddar, rain gardens och trädplanteringar. Rain gardens, regnträdgårdar, är områden som är nedsänkta i förhållande till sin omgivning (Svenstrup, 2012). Regnträdgårdar är en typ av biofilter, vilket omfattar vattenrening som sker med hjälp av biologiska processer (Göteborgs Stad, 2017). Vattnet genomgår flera olika reningsprocesser, däribland sedimentering och filtrering (Hunt & White, 2001 via Svenstrup, 2012). De biologiska hjälpmedlen innefattar bland annat alger och bakterier och absorption av mindre partiklar. Fördröjningen och perkolationen i växtbädden bestäms av bäddens jord- och porvolym, samt angränsande marks förmåga att ta upp vatten. För en ökad kapacitet kan man även koppla dräneringsledningar till växtbädden (Göteborgs Stad, 2017). Rain gardens och andra växtbäddar kan varieras i storlek beroende på hur stor avrinningsyta de har. En regnbädd behöver bara vara 2-4% av storleken av ytan på avrinningsområdet (FAWB, 2009 via Svenstrup, 2012). Främst är regnbäddar

till för att hantera vardagsregn, men om man dessutom inkluderar omkringliggande hårdgjorda ytor som fördröjningsmagasin kan de även anpassas till att hantera större skyfall. De kan också bidra med att ge hårdgjorda städer en ökad biologisk mångfald och en effektiv rening av metaller och tungmetaller som zink, bly, kadmium och nickel (Göteborgs Stad, 2017).

Exempel: Köpenhamns Tåsinge plads

Köpenhamn utsattes i juli 2011 för ett kraftigt skyfall som kostade staden 7 miljarder kronor i skador (Sveriges Radio, 2014). Sveriges Radio via Ulrika Björkstén (2014) skriver i artikeln *Köpenhamn lärde översvämningsläxan 2011* att regnvattnet leddes ner i det vanliga avloppssystemet, vilket överbelastades och spillvatten pressades upp på gatorna. Som reaktion på detta beslutade sig Köpenhamn för att klimatsäkra hela staden (Liljeman, 2016). För att tackla vattenproblematiken planeras och byggs nu 300 olika projekt inom de närmaste 15-20 åren (Löf, 2017).

Bland dessa projekt finns Tåsinge plads, där en före detta 1000 kvm asfalterad yta har ersatts av grönska. Torget består av nedsänkta bassänger som till vardags fungerar som växtbäddar men som vid skyfall fylls med regnvatten (se figur 5 a och b). Vid en extrem överbelastning kommer överflödet av vatten ledas till hamnen i enskilda ledningar som inte går in i det vanliga ledningsnätet (Löf, 2017). Regnbäddarna har kapacitet till att hantera ett 500-årsregn på en avrinningsyta som är 7 000 kvm stor, bland annat från omkringliggande byggnaders tak.

Överskottsvolymer av regnvatten utnyttjas också för att användas till vattenlek på torgets lektyr (Göteborgs Stad, 2017).

Huvudsakliga dagvattenlösningar som används:

Rain Gardens, multifunktionell yta (torg, lekplats), stuprörskastare/rännor



Figur 5 a och b. Tåsinge Plads har nedsänkta regnbäddar som fungerar som både dagvattenshantering och skyfallshantering. Fotografi av Åsa Thidell.

Skelettjordar

För att trädplanteringar i hårdgjorda ytor ska bli mer effektiva som dagvattenhantering, men även bidra till att trädet får mer vatten, kan man anlägga en skelettjord. I en skelettjord kan vatten hållas under en längre tid än i en vanlig regnbädd och även renas biologiskt. Bädden i sig består av jord och större fraktionen stenkross, för att både öka den vattenhållande förmågan och för att förhindra att marken kompakteras av trafik (Göteborgs Stad, 2017).

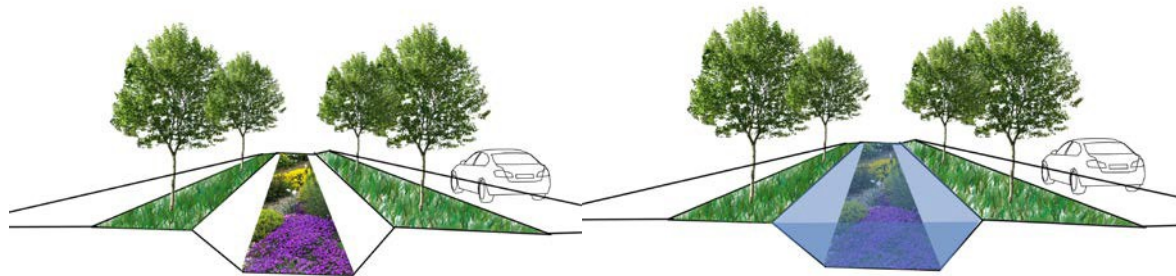
Infiltrationsstråk

Infiltrationsstråk fungerar som en blandning mellan växtbäddar och svackdiken, och har som

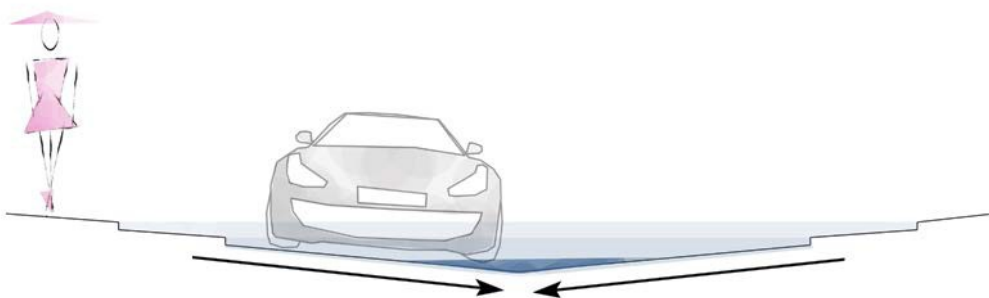
uppgift att fördröja och filtrera vatten på plats. Ytan är nedsänkt i förhållande till avrinningsområdet, vilket ofta är ofta hårdgjorda ytor som vägar. Infiltreringen sker genom vegetationslagret, ofta gräs, genom matjord, sand, grus och slutligen makadam, ner mot grundvattnet eller ut i dagvattennätet (Stockholms vatten och avlopp, u.å. c)

Skyfallsvägar

Gator kan byggas om så att de vid skyfall kan hålla och fördröja vatten. Vägen sänks och översvämningsskyddas. Vägens uppgift är att fördröja och leda bort vatten till en infiltrationsyta där det kan renas och ledas vidare mot den slutgiltiga recipienten.. Det är en lösning som kan användas i vattenkänsliga områden eller gamla hus med kombinerade ledningar. Med fördel kan även ett grönstråk anläggas i låglinjen (se figur 6 a och b) (Malmö Skyfallsplan, 2016). Ett sätt att samla vatten är att ge körbanan en v-form, där vatten samlas i den lägsta punkten för att fördröjas innan det når recipienten (se figur 7) (Klemensberger, 2016). Genom att skapa ett grönt stråk i den lägsta punkten kan man förstärka renings- och fördröjningseffekter. Vägen kan också bomberas och därigenom skapa vattensamling vid vägkanterna snarare än i mitten (Göteborgs Stad, 2017).



Figur 6 a och b. Skyfallsväg med grönstråk i låglinjen. Med hjälp av nedsänkningar och regnbäddar kan en bilgata temporärt bli en öppen fördröjningsbassäng vid skyfall. Illustration av författaren, fritt från Malmö Skyfallsplan (2017), s. 31.



Figur 7. En skyfallsgata lutar in mot sin lägsta punkt, där det samlas vatten. Illustration av författaren.

Exempel: Köpenhamns St Annæes Plads

Ett exempel på en skyfallsväg är Sankt Annæes Plads i Köpenhamn. Platsen är ett av projekten som uppkom som reaktion på skyfallet över staden 2011 (Naturvårdsverket, 2017). Mittan av torget har blivit en nedsänkt skyfallsväg, beklädd av ett grönstråk och en allé (se figur 8).

Huvudsakliga dagvattenlösningar som används:

Skyfallsväg, rain gardens, multifunktionell yta (grönstråk, torg)



Figur 8. Skyfallsväg på St Annæ Plads i Köpenhamn, där låglinjen placerats i ett grönråk. Fotografi av Millicent Skogsmyr

Public space som blå skyfallshantering

Under den pågående förtätningen av våra städer, däribland Stockholm, finns det en tydlig trend att det är de fria ytorna, som grönytor och lekplatser, som bebyggs först (Andersson et al. 2015).

Moderna bostadskvarter har betydligt lägre procentandel friyta per bostad än äldre strukturer. Precis som Andersson m.fl. (2015) skriver, sätter detta allt större press på att offentliga rum har tillgängliga gröna och blå kvaliteter.

Även Thynell och Fridell (2018) diskuterar platstagande i staden i förhållande till multifunktionella ytor:

“Komplexa stadsmiljöer kräver flexibel infrastruktur som kan hantera flera funktioner samtidigt för att få ner kostnaderna och få platsen att räcka till, detta gäller även anläggningar för dagvattenhantering. Att bygga en anläggning för varje enskild funktion skulle bli för dyrt och uppta alltför stor plats.” (Thynell & Fridell, 2018, s. 2).

Enligt Thynell och Fridell (2018) kan så mycket som en femtedel av stadens gaturum fyllas med grönbå infrastruktur, utan att man för den delen förlorar befintliga trafikflöden. De påpekar att genom anläggning av outnyttjade eller tomma ytor, kan man få möjlighet att hantera större regnvattenvolymer och minska luftföroreningar. Genom att dessutom infiltrera vatten lokalt och på så sätt stabilisera grundvattennivåerna, minskar de ekonomiska kostnaderna som kan uppkomma till konsekvens av att byggnader drabbas av sättningar vid långa torkperioder. Vidare hävdar författarna att man i stadsplanering och dagvattenhantering måste ta ansvar för platsen i staden och därför skapa anläggningar som har fler än en funktion (ibid.).

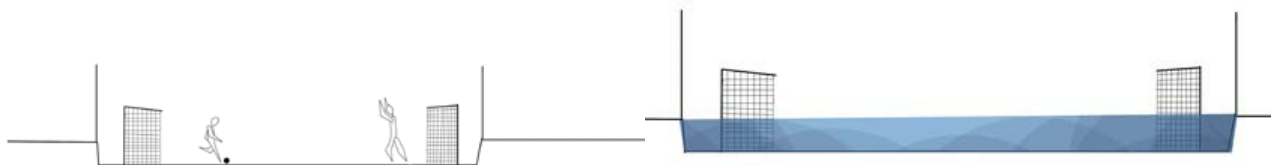
Uppsala vatten skriver i sin skrift *Dagvattenhantering - en exempelsamling* (u.å.) om multifunktionella ytor som en av flera lösningar för “gemensam” (på allmän mark) hantering av dagvatten, särskilt anpassad för att kunna ta emot kraftigare skyfall. En grundprincip är att man skapar en varierad och dynamisk topografi på platsen och ger den förmågan att hålla vatten.

Avrinningen från platsen fördröjs så att lågt belägna områden på platsen vid skyfall blir vattenspeglar, samtidigt som platsen “till vardags” kan ha andra funktioner, till exempel lekplatser, parker eller torg (se figur 9 a och b) (Uppsala Vatten u.å.). Just lekplatser är en tacksam plats att använda till skyfallshantering, då vattenlek kan vara ett utvecklande element i barns uppväxt.

Vattens mångfacetterade egenskaper kan bidra till varierade lekmöjligheter, förbättra barns öga- hand-koordination och motorik samt bidra till en mer uppskattad lekmiljö (Hydén, 2009).

Enligt Uppsala Vattens *Dagvatten- en exempelsamling* (u.å.) kan multifunktionella ytor lokalt rena och fördröja vatten, vara ett estetiskt tilltalande inslag i området, bidra till en högre biodiversitet, ta hänsyn till recipienten och belastar inte det övriga VA-systemet. Nackdelen är att reningsmängden kan vara svår att kontrollera och att ytorna kräver plats (Uppsala Vatten, u.å.).

Enligt skyfallsplanen är 10 % av marken i Malmö stad innanför Yttre Ringen parkyta som kan användas för skyfallshantering. De krav staden har uttryckt för att ytan ska vara en möjlig multifunktionell publik plats, är att den ska vara på minst 2 000 kvadratmeter stor och minst 30 meter i bredd (Malmö Skyfallsplan, 2016).



Figur 9 a och b. En fotbollsplan är ett exempel på en publik plats som vid skyfall kan användas som en temporär förvaring av vatten. Illustrations av författaren.

Exempel: Göteborgs regnlekplats

Göteborg har satsat allt mer på att ta till vara på vattnet och dess kvaliteter. Staden har som mål att bli en internationell förebild för dagvattenhantering, vilket de arbetar med genom satsningen Rain Gothenburg, som en del av stadens 400-årsjubileum. Inom satsningen ska bland annat kreativa och innovativa dagvattenlösningar byggas runt om i staden, varav den första är Regnlekplatsen (se figur 10) (Gothenburg 2021, u.å., Stadsutveckling Göteborg, u.å.).

Regnlekplatsen ritades av 02landskap i samarbete med konstnärerna Thomas Nordström och Annika Oskarsson (Göteborg Officiell Besöksguide, u.å.). Liksom Water Square Tiel baserades designen på invånarnas idéer och önskemål. Vid regn, både lätt och kraftigt, behåller lekplatsen sin funktion genom att erbjuda nya möjligheter till lek (Göteborg Officiell besöksguide, u.å.).

Huvudsakliga dagvattenlösningar som används:

Multifunktionell yta (lekplats), öppna fördröjningsmagasin



Figur 10. Bild från Regnlekplatsen i Göteborg. Fotografi av Marie Ullnert, med tillstånd.

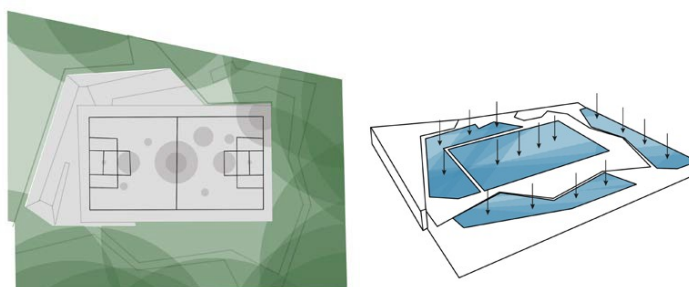
Exempel: Rotterdam, Water Square i Tiel

Nederländerna är ett av de länder som kämpar mest med översvämningar. 2017 uppmättes den högsta havsnivån hittills (Bäck, 2018). För att skydda staden har man ut mot havet byggt en stormvall och inne i staden har stadsplanerare tänkt om publika platsers utformning för att kunna hantera skyfall. En relativt ny plats som byggts med innovativ vattenhantering är Water Square i stadsdelen Tiel. Torget byggdes mellan 2014 och 2016 och ritades av arkitektbyrån De Urbanisten (De Urbanisten, u.å.).

Torget ligger intill en skola och används bland annat som skolgård. De funktioner som platsen skulle behöva fylla, både i vått och torrt väder, bestämdes i samråd med skolans barn och designen baserades på vilka aktiviteter barnen ville och önskade ha (Dutch Water Sector, 2016). Torget är konstruerat med en varierad topografi för dynamiska lekförutsättningar som samtidigt skapar bassänger som kan fördröja vatten vid översvämningar och skyfall (se figur 11 a och b) (De Urbanisten, u.å.). Designen tillåter torget att förvara upp mot 1700 kvm vatten (Dutch Water Sector, 2013).

Huvudsakliga dagvattenlösningar som används:

Multifunktionell yta (torg, lekplats, skolgård), rain gardens, öppna fördröjningsmagasin



Figur 11 a och b. Water Square in Tiel. Nedsänkta ytor kan under skyfall bli temporära vattenbassänger. Illustration av författaren, fritt från De Urbanisten *Water Square Tiel*.

Gestaltning för skyfall på Föreningsgatan och Rörskolan

Under skyfallet 2014 översvämmades Föreningsgatan och Rörskolan i Malmö (Lovén, 2014). Området är inte bara känsligt för översvämningar, utan har dessutom kombinerade ledningar, och därmed finns det en stor risk att hälsofarligt vatten sprids. (Westerberg & Pedersen, 2014). Både längs med Föreningsgatan och på Rörskolans skolgård finns det möjligheter till omgestaltning som hade kunnat göra ytorna multifunktionella. Nedan ges gestaltningsmässiga förslag på hur ytorna hade kunnat omdesignas.

Förslag 1: Föreningsgatan blir en skyfallsväg

I detta här förslag sänks delar av Föreningsgatan ner för att potentiellt kunna leda vatten, samtidigt som en regnbädd ersätter den idag stenbelagda mittrefugen. Vatten kan vid mindre regnfall infiltreras genom regnbädden och vid skyfall kan vägen leda bort vattnet från det känsliga kombinerade ledningssystemet (se figur 12 a och b).

Huvudsakliga dagvattenlösningar som används: skyfallsväg, infiltrationsstråk, regnbäddar



Figur 12 a och b. Föreningsgatan före och efter. Den hårdgjorda mittrefugen kan göras om till en nedsänkt rain garden och körfälten kan sänkas för att bli skyfallsvägar.

Förslag 2: Föreningsgatan får rain gardens

Längs med Föreningsgatan finns det träd med individuella trädgropar. Genom att binda samman dessa trädgropar till ett långsträckt infiltrationsdike utökar man den infiltrationsvänliga ytan i förhållande till den omgivande asfaltsytan (se figur 13 a och b). Vatten kommer kunna hanteras av vegetationen och rensas lokalt, vilket kommer avlasta ledningsnäten.

Huvudsakliga dagvattenlösningar som används: regnbäddar, infiltrationsstråk, genomsläpplig beläggning

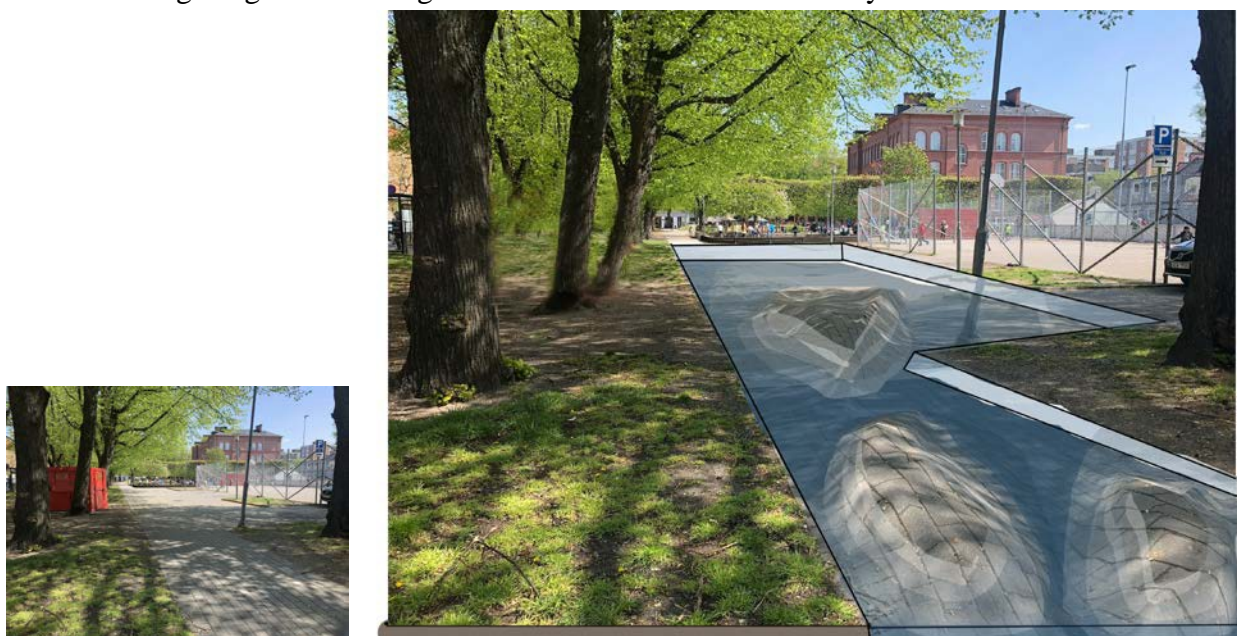


Figur 13 a och b. Föreningsgatans allé av enskilda trädgropar kan länkas samman som en rain garden.

Förslag 3: Rörsjöskolan får en multifunktionell lekplats

Delar av Rörsjöskolans gård kan göras om till en multifunktionell yta med god vattenhållande kapacitet (se figur 14 a och b). Genom att ge platsen en dynamisk topografi kan man både skapa nya lekmöjligheter och områden som kan verka som vattenspeglar när det behövs. Även den närliggande asfalterade fotbollsplanen kan sänkas ner och bli en tillfällig bassäng för hantering av ökade volymer. Vidare hade delar av skolgårdens hårdgjorda ytor kunnat ersättas av genomsläppliga beläggningar eftersom det inte är mycket trafik som kan störa infiltrationen.

Huvudsakliga dagvattenlösningar som används: multifunktionell yta



Figur 14 a och b. Delar av den hårdgjorda lekplatsen på Rörsjöskolans skolgård kan göras om till en multifunktionell lekplats som kan användas som vattenspegel vid skyfall.

Förslag 4: Rörskolan får en skyfallsväg med vattenlekmöjligheter

Vid den befintliga allén kan man skapa en skyfallsväg vars vattenledning kopplas ihop med de andra vattenelementen. På skolgården hade en skyfallsväg med ett grönstråk kunnat anläggas i en låglinje i förhållande till Föreningsgatan och anpassas efter möjligheter för vattenrelaterad lek (se figur 15 a och b).

Huvudsakliga dagvattenlösningar som används: skyfallsväg, infiltrationsstråk



Figur 15 a och b. Med hjälp av grönstråk och vattenrännor kan en del av skolgården vikas åt vattenlek och skyfallshantering.

Diskussion och analys

Litteraturstudien har visat hur man genom att inkludera gröna, blå, och grå element kan göra publika platser både estetiskt tilltalande och resilienta. Konceptet kombinerar ekosystemtjänster och sociala aspekter med hantering av extrema skyfall. Det är också ett platseffektivt alternativ, något som är extra viktigt i dagens förtätade urbana miljöer.

Grönt, skönt och lönt

Grönblå dagvattenhantering är ett sätt att återintroducera grönska i städerna. Det är ett också ett naturligt sätt att hantera dagvatten, som minskar risken för överbelastningar av VA-systemen och stabiliserar grundvattennivåerna. Man skapar en ekonomisk vinning i och med att fastigheter skyddas från översvämningar och sättningar. Genom att skyfallsanpassa städer med grönblå lösningar tjänar vi också biologiskt sätt, på grund av den biodiversitet och de ekosystemtjänster som följer med grönblå infrastruktur. På grund av den perkolerande förmågan mark har, får grönblå lösningar ännu en fördel när södra Sveriges somrar blir varmare och torrare som följd av klimatförändringarna. Vattnet som har samlats och bundits i marken vid regn kan successivt evaporera under torrperioder och på så sätt lindra värmens inverkan på stadens klimat. Stängda system, som för bort vattnet från källan, har inte denna kapacitet över huvud taget.

Trots detta, hur kan det löna det sig att skyfallsanpassa? Om man betraktar nederbörden som beskrivs av återkomsttiderna ser skyfall inte ut att vara speciellt vanliga. Varför ska man lägga åtskilliga miljoner kronor på att säkra städer för händelser som sker var hundra år? Eller var femtionde? Vidare kan man ifrågasätta åtgärder bör satsas på idag, när klimatförändringarnas påverkan på skyfallsfrekvensen ännu inte är aktuell. Det är dock så att i den globala uppvärmningens spår kommer vi att få uppleva allt kraftigare skyfall, allt oftare. Kostnaderna för varje enskilt tillfälle om staden inte är beredd, blir skyhöga - Köpenhamns skyfall 2014 kostade staden motsvarande 6 miljarder danska kronor (Stenmar, 2015) och Malmös skyfall 2014 gick på 600 miljoner kronor (Sydsvenskan, 2018). Vem ska då betala för detta? Kommunerna är ansvariga för att hantera spillvatten och avloppsledningar och får därför stå för kostnader som uppstår till följd av översvämningar i kombinerade ledningar. Markägarna själva kan minska risken för skada på egen fastighet till följd av skyfall genom att använda sig av LOD-principen, och därmed minska risken för att de allmänna ledningarna överbelastas och översvämmas. I de områden där kommunen ansvarar för kombinerade ledningsnät kan trög avledning och samlad fördröjning anläggas på allmänna platser för att ge skyfallshanteringen större kapacitet. Kostnaderna vid nybygge skiljer sig inte markant från annan anläggning, utan bedöms av bland annat Göteborgs Stad (2017) som billigt i förhållande till vilken nytta det ger.

Stadsplanering handlar delvis om att anpassa städer inför kommande påfrestningar. Även om det är svårt att förutse när vi kommer behöva skydda oss mot skyfall och hur klimatet kommer förändras, är det bättre att förebygga än åtgärda problem. Privata markägare kanske inte har så stor nytta av att anlägga LOD med kapacitet för ett 100-årsregn, men kommuner har ett ansvar att planera mer långsiktigt och därför ett ansvar att säkra framtidens städer för framtidens skyfall.

De grönbå lösningarnas kapacitet

På grund av den stora variationen i utbudet av öppna dagvattenlösningar ger grönbå infrastruktur stadsplanerare möjligheten att anpassa dagvattenhanteringen till en specifik plats och den kapacitet avrinningsområdet kräver.

Grönbå, öppna dagvattenlösningar tar upp större plats än sina stängda motsvarigheter och blir därför ett problem i den förtätade staden. Enligt Malmö Stad (2016) behöver till exempel en infiltrationsyta vara 2 000 kvm stor och minst 30 bred för att anses som en dagvattenanläggning dimensionerad för ett 10-årsregn. Trots att öppna dagvattenlösningar tar plats i staden finns det många olika alternativ, och i förhållande till avrinningsområdets area finns det mer platssn la lösningar. Rain gardens, till exempel, behöver endast vara mellan 2 och 4 % av området vars vattenvolymer de hanterar. Öppna dagvattenlösningar  r mer flexibla i hur mycket vatten de klarar av att ta hand om, medan stängda system är begränsade till den maxvolymer de är dimensionerade för. En ytterligare fördel med grönbå öppna lösningar är att de har andra funktioner utöver skyfallshantering. Infiltrationsytor och multifunktionella platser kan användas som aktivitetsytor eller lekplatser och rain gardens blir gröna inslag i en annars grå stadsmiljö - stängda lösningar bidrar inte med fler funktioner  n vattenhantering.

Grönbå infrastruktur är också känsligare  n grå infrastruktur. Infiltrationsytor och andra grönbå lösningar som bygger på en infiltration genom markytan kräver att marken inte har kompakterats, vilket begränsar ytans resiliens mot till exempel trafik. Marken riskerar även att mättas vid större eller längre regn och därmed tappa sin infiltreringsf rm ga. Markens förmåga att hålla vatten försämras också under vinterhalvåret, vilket innebär att effekten av dagvattenanläggningen blir sämre. Alternativ som är baserade biologisk vattenrening med hjälp av vegetation ställer högre krav, både för att de kräver mer skötsel och för att växtmaterialet måste hålla en hög kvalitet året om.

Gällande skötsel av dagvattenhantering bidrar grön infrastruktur till ett ökat skötselbehov. Stängd dagvattenhantering kräver dock också tillsyn; ut- och inlopp behöver renas, magasinen behöver slamsugas och då anläggningen ligger under mark kräver den ofta specialutrustning (Göteborgs Stad, 2017).  ppen dagvattenhantering kan, om den är bra konstruerad och växtmaterialet  r rätt och h rdigt, ha lägre krav på tillsyn. Samtidigt medför de ekosystemtjänster och estetiska v rden som stängda system inte hade kunnat bidra med och en lokal rening av vattnet som avlastar vattenreningsverk.

Lösningsförslagen - vad de  r och vad de saknar

Lösningsförslagen har gjorts för att visa hur en plats rumsligt kan förändras om den konstrueras med skyfallshantering som mål.

I förslag 1 anläggs en skyfallsväg med en rain garden eller ett grönt infiltrationsstråk i mitten. För att sköta om en rain garden som är anlagd i en mittrefug krävs att hela vägen stängs av vid sk tseltillf llet, vilket blir ett starkt argument mot gröna anläggningar. Platsen hade dock blivit grönare och då grönska i gatumiljö kan bidra till att sänka hastigheten, hade bilmilj n kring skolan kunnat bli säkrare. Skyfallsv gen hade bidragit till att de gamla fastigheterna i området, som  r känsliga i och med att de har kombinerade ledningssystem, hade blivit mindre utsatta för överbelastning.

Med förslag 2 hade trottoarens hårdgjorda yta blivit mer infiltrationsv nlig på grund av den genomsläppliga beläggningen. Gräsarmering  r dock anpassat snarare för biltrafik  n gångtrafik och strukturen är dimensionerad därefter. För hantering av skyfall och dagvatten  r detta en lösning, men det försvårar framkomligheten och sp ngsystem hade behövts för att möjliggöra

framkomligheten. Den sammanhängande regnbädden som hade kunnat ersätta de enskilda trädgroparna hade gjort gatan grönare, men ökar skötseln betydligt och försvårar tillgängligheten ytterligare. Ett annat problem med att anlägga en regnbädd här skulle kunna vara grundvattennivåerna. Då området har en huvudsakligen kombinerad och stängd dagvattenhantering idag, finns det risk för att platsens grundvatten ligger lågt. Detta riskerar att försämra förutsättningarna för en regnbädd, då grundvattnets nivåer är viktiga för att ge bädden vatten vid torrperioder.

I förslag 3, där Rörjskolans lekplats blir en multifunktionell yta, finns det risk för att gångvägar tas i anspråk och på grund av detta försvinner framkomligheten. Det hade kunnat lösas med spångar, med omledning av gångbana eller en liknande lösning, men har inte undersökts närmare inom detta arbete på grund av tidsåtgång. Det är också en lösning som baseras på en varierande topografi, vilket försämrar tillgängligheten.

Det fjärde förslaget innefattar en skyfallsväg, där vatten från vägen skulle ledas in på skolgården. Vid anläggningen av denna lösning finns bland annat risken att det befintliga rotsystemet för allén skadas. Det hade dock kunnat bidra till ett mer varierat lekutbud på skolgården, där vattenlek hade varit en mer eller mindre permanent del.

Multifunktionalitet i staden och stadsplanering för alla väder

För att ta hänsyn till platsbristen i förtätade städer behöver skyfallshantering anläggas så att den inte tar upp mer yta än nödvändigt. I stadsplaneringen behövs därför nya lösningar på hur man utnyttjar publika platser på mer än ett sätt, och då interagera skyfallshantering så att den inte tar upp någon plats alls - permanent, i alla fall.

Det som diskuterats i det här arbetet har varit anläggningen av grönbå dagvattenhantering i relation till plats i staden och kapaciteten att hantera skyfall, men inte vad som krävs för att anläggningarna ska fungera som vistelsezoner i praktiken. Den varierande topografi som krävs för att göra om en publik plats till en skyfallsbassäng försvårar skapandet av en inkluderande terräng för bland annat funktionsnedsatta, samtidigt som det försvårar för skötsel och därmed ytterligare för skötsel. Vidare kan man även spekulera kring säkerheten på en plats med mycket höjdskillnader, med säkert underlag och fallhöjder. Dessa problem blir också större vid skyfall om det fylls med vatten, då en drunkningsrisk måste utvärderas, speciellt när det kommer till lekplatser och barn.

Regnlekplatsen i Göteborg och lekytorna på både Tåsinge Plads och Water Square i Tiel visar att det finns sätt att konstruera multifunktionella stadsrum på sätt som följer de föreskrifter som finns. Gångstråk kan planeras i så att de inte följer den varierande topografin och nivåskillnader kan bindas samman så att de når upp till de krav på lutning som finns för tillgänglighetsanpassning. På Rotterdams Water Square är den djupaste bassängen inte mer än 70 cm (De Urbanisten, u.å.) och om man räknar på att en ramp får luta maximalt 1:12 behöver rampen inte vara längre än några meter.

Med öppna dagvattenlösningar finns det oftast en drunkningsrisk då lösningarna innefattar öppna vattenspeglar. Liksom med alla typer av vattenlek måste konstruktionen ta hänsyn till detta och anpassa lekytorna efter vilka krav som finns. Vattenlek är dock en viktig del i barnens uppväxt då den kan utveckla motorik och koordination samt göra lekmiljön mer uppskattad.

Det kan vara svårt att se hur en plats som temporärt översvämmas kan behålla sin vardagliga funktion. En lekplats kan förändras och nya lekmöjligheter kan uppstå när vatten tillförs, men ett torg eller en gata som är vattenfyllda blir svårare att använda. Stadsplanering och design av publika platser har en tendens till att vara fokuserade på den funktion de har när det är vackert väder och då de blir en livfull plats, snarare än den öppna, oskyddade plats de kan vara i ett kraftigt regn. Genom

att konstruera publika platser som multifunktionell skyfallshantering, bidrar man till att variera stadens uttryck tillsammans med tid och årstid. Multifunktionalitet bidrar till att skapa en mer levande och varierad stadsplanering där staden förändras efter de rådande omständigheterna.

Slutsats

Sammanfattningsvis kan man säga att multifunktionella planer för offentliga miljöer har en potential att inte bara skapa mer resilienta ytor utan också vara ett stöd för en mer genomtänkt och interaktiv stadsplanering. För att kunna skyfallsanpassa framtidens städer behöver man inkludera grönbå infrastruktur i dagvattenhanteringen, men också utnyttja den grå hantering som är de temporära öppna vattenmagasin som publika platser kan bli. Vi måste utforska hur vi kan göra hårdgjorda ytor multifunktionella så att de kan bli en del av att klimatsäkra den förtätade staden. Genom att ta vara på och inkludera något som tidigare endast setts som ett problem - skyfallsvolymer - kan man skapa resilient städer med levande blå infrastruktur.

Metoddiskussion

Många av källorna som har använts har varit populärvetenskapliga snarare än vetenskapliga. Detta är till stor del på grund av att det som har beskrivits, till exempel de tre olika platserna, inte har några vetenskapliga studier kopplade till sig. Informationen om platserna har dock främst tagits från officiella källor, till exempel kommunernas hemsidor och opartiska aktörer såsom Sveriges Radio eller Sveriges Televisions hemsidor.

Informationen till delar av litteraturdelen har inhämtats från mer subjektiva källor, till exempel ansvariga arkitektbyråer. Anledningen till detta är att det är dessa aktörer som erbjuder mer tekniskt information och planer, samt mer ingående bakgrund till projekten. Visserligen är denna information skriven för ett kommersiellt syfte men har bedömts värdefulla för förståelsen och den påföljande diskussionen kring de respektive projekten.

För att ge den strikt vetenskapliga delen av litteraturdelen, som handlar om klimatförändringarna och dess påverkan, en trovärdig bas har den till största del baserats på peer-reviewed publikationer och studier. Visserligen finns det motstridiga källor rörande klimatförändringarna men i detta arbete har dessa åsikter bortsetts från då den delen av klimatdebatten inte anses relevant. Utöver vetenskapliga publikationer har även vissa välgörenhetsorganisationer, exempelvis Världsnaturfonden WWF, också använts. Dessa har bedömts tillräckligt trovärdiga för inhämta information från.

Utöver dessa källor har även examensarbeten studerats både för inspiration och för att finna mer material. Vid de fall där primärkällorna har funnits tillgängliga har dessa använts men i de fall där primärkällorna inte gått att få tag på har examensarbetena hänvisats till trots sin sekundära status. Metoden är vald främst utefter kursens tidsbegränsning. En litteraturstudie kan ge en premiss för lättillgänglig informationshämtning, något som är en grundförutsättning för att producera arbetet inom examenskursens tidsram. Genom universitetets sökmotorer går det att få tag på vetenskapliga publikationer, som i sin tur ger trovärdighet till litteraturstudien.

Nackdelen med att enbart skriva en litteraturstudie kan vara att arbetet får en kvantitativ snarare än kvalitativ informationsbas. Det finns utrymme för att fördjupa sig inom litteraturen, men återigen begränsas arbetet i det här fallet bland annat av kursens tidsbegränsning. För att trots detta få en djupare förståelse för ämnet har även en kort fallstudie och ett platsbaserat lösningsförslag tagits med. Målet med detta moment är att komplettera litteraturstudiens teoretiska del med praktisk applicering. För att välja en plats för lösningsförslaget som var relevant att diskutera i arbetet har

kartor över översvämningsdrabbade platser i Malmö och kombinerade ledningssystem i Malmö studerats. Metoden var förhållandevis simpel; de alternativ som hade presenterats i litteraturstudien applicerades på en befintlig plats för att visa på hur skyfallsanpassning skulle kunnat förändra platsen. Vidare begränsades lösningsförslagen till att visa lösningarna i en gestaltningsmässig kontext. Tankar kring själva konstruktionen och påverkan förändringarna hade haft på platsernas vistelsekvalitet begränsades till att diskuteras i analysdelen. Skulle lösningsdelen av arbetet göras mer ingående hade man kunnat undersöka grundvattenflöden och vilken påverkan på de allmänna VA-ledningarna förslagen hade haft.

Fallstudien och lösningsförslaget kommer liksom litteraturstudien inte göras särskilt fördjupande. Också här beror detta på arbetets omfattning. Om endast en av de tre metoderna hade använts hade studien kunnat göras mer kvalitativ, men förhoppningsvis kan de tre metoderna komplementera varandra och på så sätt ge en tydligare helhetsbild.

Avslutande kommentar

Under arbetets gång har det funnits flera idéer som inte har kunnat undersökas inom ramarna och avgränsningarna för detta arbete. Som avslutande kommentar vill jag därför inkludera frågor för framtida studier:

- Lösningförslag som genomförs med samma krav som en omgestaltning hade krävt i verkligheten.
- För att få ett bredare perspektiv kan en med kvalitativ fallstudie göras på olika urbana platser som har arbetat med dagvattenrelaterad problematik. Även utomeuropeiska städer hade kunnat undersökas, till exempel Portland, USA eller Wuhan, Kina. Hur arbetar man på olika platser runt om i världen? Vilka skillnader skapas av olika klimatförutsättningar, geografiska och topografiska aspekter?
- För större arbeten kan man också undersöka hur man kan arbeta med dagvatten på lokal och stadsövergripande nivå. Hur kan man anpassa hela städer? Hur stora upptagningsområden kan det vara rimligt att man arbetar med?
- Även mer ingående lösningförslag, med bland annat gestaltning och anpassat växtmaterial hade varit intressant att undersöka närmare. Hur kombinerar man platsspecifika förutsättningar, estetisk gestaltning och växtval för en optimal, lokal och grön hantering av dagvatten?
- Hur kan man arbeta med att anlägga våtmarker som gröna korridorer och natur i staden?

Litteraturförteckning

Andersson, T., Berg, P.G., Ståhle, A. & Oppenheim, F. (2015). Förtätning av staden - behövs det och hur kan det göras på ett bra sätt? *Gröna Fakta*. 2/2015

<http://www.tidningenutemiljo.se/wp-content/uploads/2015/04/Gr%C3%B6na-Fakta-nr-2-2015-F%C3%B6rt%C3%A4tning.pdf>

Bäck, M. (2018). Havsnivån högre än någonsin utanför Nederländerna. *Svenska Yle*.

<https://svenska.yle.fi/artikel/2018/01/13/havsnivan-hogre-an-nagonsin-utanfor-nederlanderna> [2019-05-24]

Bäckman, H. (2018). Skyfallens ABC. *Stadsbyggnad* nr 2/2018. ss. 26-29.

http://www.svensktvatten.se/globalassets/rornat-och-klimat/skyfallensabc-sartryck-stadsbyffnad_2_2018.pdf

Demureze, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhawe A.G., Mittal, N., Feliú, E., & Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multifunctional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, vol. 146 ss. 107-115.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479714003740>

De Urbanisten (u.å.). *Water Square Tiel*.

<http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=water-square-tiel> [2019-04-23]

Dutch Water Sector (2016). *De Urbanisten realises second iconic water square in Tiel, the Netherlands*. <https://www.dutchwatersector.com/news-events/news/20463-de-urbanisten-realises-second-iconic-water-square-in-tiel-the-netherlands.html> [2019-04-23]

Dutch Water Sector (2013). *New innovative water square combines leisure and storm water storage in Rotterdam, the Netherlands*. <https://www.dutchwatersector.com/news-events/news/8841-new-innovative-water-square-combines-leisure-and-storm-water-storage-in-rotterdam-the-netherlands.html> [2019-04-23]

Europeiska Kommissionen (u.å.). *Klimatförändringens konsekvenser*.

https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_sv [2019-04-01]

Extrakt, Liljeman, A. (2017). *Dansken som tämjer vädrets makter*. <http://www.extrakt.se/dansken-som-tamjer-vadrets-makter/> [2019-04-24]

Gehl, J., & Matan, A. (2009). Two Perspectives on Public Spaces. *Building Research & Information*. 37(1), ss 106-109.

<https://doi.org/10.1080/09613210802519293>

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09613210802519293>

Göteborg 2021 (u.å.). *Rain Gothenburg*.

<http://www.goteborg2021.com/jubileumsprojekt/rain-gothenburg/> [2019-04-23]

Göteborg Officiell Besöksguide (u.å.). *Regnlekplatsen*.
<https://www.goteborg.com/regnlekplatsen/> [2019-04-23]

Göteborgs Stad (2017). *Göteborg när det regnar - en exempel- och inspirationsbok för god dagvattenhantering*. http://www.samhallsbyggarna.org/media/635983/go-teborg-na-r-det-regnar-en-exempel-och-inspirationsbok-fo-r-god-dagvattenhantering_2018-04.pdf [2019-05-20]

Göteborgs Stad (u.å.). *Vad är dagvatten?*.
https://goteborg.se/wps/portal/start/vatten-och-avlopp/dagvatten/om-dagvatten!/ut/p/z1/hY5BC4IwHMU_jdf9p8mm3dbBSCUNAm2XUFITcE7matCnz45B0bs93u_xHnCogU_NY5CNHfTUjKu_cHlt_fQU7XyGi32c4MM5K5NjlhchJVD9A_ga4x9iGFLgQ6uQ6xTCaEMDQkOfhjGIEQnoe55N7SaSwI24CSMMupv1VW_tvGw97GHnHJJay1GgTisPf6v0erFQf5Iwq_qZi4q9AMfItPU!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/ [2019-04-10]

Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S., Kim, H., & Kanae, S. (2013). Global flood risk under climate change. *Nature Climate Change* 3, ss. 816-821.
<https://doi.org/10.1038/nclimate1911>
<https://www.nature.com/articles/nclimate1911>

Hydén, S. (2009). *Vattenlek i offentlig miljö - planering av vattenlek*. Examensarbete, Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet. https://stud.epsilon.slu.se/696/1/hyden_s_091214.pdf

International Panel on Climate Change (IPCC), (2018). Allen, M.R., O.P. Dube, W. Solecki, F. Aragón-Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu, and K. Zickfeld, 2018: Framing and Context. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
Kapitel 1 Framing and Context
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter1_Low_Res.pdf

Nås via:

<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-1-pdf/>

International Panel on Climate Change (IPCC), (2001). Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp

Kapitel 9 Projections of Future Climate Change:

<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/TAR-09.pdf>

Nås via:

<https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/>

International Panel on Climate Change (IPCC), (2014). Kovats, R.S., R. Valentini, L.M. Bouwer, E. Georgopoulou, D. Jacob, E. Martin, M. Rounsevell, and J.-F. Soussana, 2014: Europe. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267-1326.

Kapitel 23 *Europe*:

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartB_FINAL.pdf

Nås via:

<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

Klemensberger, P. (2016). Teknikens värld. *Skyfallsväg byggd i Karlstad*.

<https://teknikensvarld.se/skyfallsvag-byggd-i-karlstad-338687/>

Krögerström, L. (2010) Ta hand om ditt vatten. Stockholm: Stockholms Stad.

http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/miljowebb/ta_hand_om_ditt_vatten.pdf

via

Aalto, A. (2013). Långsiktigt hållbar dagvattenhantering - Vägledning vid val av dagvattenlösning i stadsmiljö. Kandidatexamensarbete, Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.

https://stud.epsilon.slu.se/5282/11/aalto_a_130503.pdf

Lidingö Kommun (u.å.). LOD - Lokalt omhändertagande av dagvatten.

https://www.lidingo.se/toppmeny/byggabomiljo/byggaochbo/vattenochavlopp/dagvatten/lodlokalto_mhandertagandeavdagvatten.4.2566372914a53ba5899bcb6.html [2019-04-11]

Lovén, A. (2014). Se hur översvämningens larmen sköljde över Malmö. *Sydsvenskan*, 2 september.

<https://www.sydsvenskan.se/2014-09-02/se-hur-oversvamningslarmen-skoljde-over-malmo>

Lundin Trotzig, A. (2015). *Öppen dagvattenhantering i staden - en multifunktionell resurs*.

Kandidatexamensarbete, Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet.

https://stud.epsilon.slu.se/8934/1/lundin_a_150710pdf.pdf

Malmö Stad (2016). *Skyfallsplan för Malmö*. Tillgänglig via:

<https://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Oversvamping/Gemensamt-arbete-i-en-skyfallsplan>

Naturvårdsverket, (2017). Dahl, C., Jergmo, F., Klein, H., Nilsson, G., Olsson, T., Rasmusson, A., Bergquist D., Emilsson, T., Fransson, A., Randrup, T. & Andersson, U. *Ekosystemtjänsternas bidrag till god urban livsmiljö*. Rapport 6778/juni 2017.

<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6778-6.pdf?pid=20831>

Naturvårdsverket, ansv. Berg, M. (granskad 2019 b). *Vad är ekosystemtjänster?*

<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Ekosystemtjanster/Vad-ar-ekosystemtjanster/> [2019-05-09]

Naturvårdsverket, ansv. Johansson Horner, I. (granskad 2019 a). *Grön infrastruktur*.

<https://www.naturvardsverket.se/gron-infrastruktur> [2019-04-10]

Naturvårdsverket, ansv. Johansson Horner, I. (granskad 2018). *Grön infrastruktur i praktiken*.

<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Gron-infrastruktur/Gron-infrastruktur-i-praktiken/> [2019-04-10]

Nilsson, K. (2016). Att förena dagvattenhantering med användbarhet i en urban parkmiljö - en fallstudie i Malmö och Borås. Kandidatexamensarbete. Karlskrona: Blekinge Tekniska Högskola

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:941732/FULLTEXT02.pdf>

NSVA (u.å. a). *Dagvattensystem och översvänningsrisk*. <https://www.nsva.se/var-verksamhet/dagvatten/dagvattensystem-och-oversvamningsrisk/> [2019-05-16]

NSVA (u.å. b). *Spillvatten*.

<http://www.nsva.se/var-verksamhet/spillvatten/> [2019-04-10]

Persson, P., Gallardo I., Kallioniemi, K. & Foltyn, A. (2009). *PlanPM Dagvatten*. Länsstyrelsen i Skåne Län. Länsstyrelserapport 2008:24

https://web.archive.org/web/20160310185042/http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/pluskatalogen/PM_dagvattenwebb.pdf

SMHI, (2016). *Dagvatten och spillvatten*. <http://www.klimatanpassning.se/hur-paverkas-samhallet/vatten-och-avlopp/dagvatten-och-spillvatten-1.107468> [2019-04-15]

SMHI, (2018). *Återkomsttider*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/aterkomsttider-1.89085> [2019-05-06]

Stadsutveckling Göteborg (u.å.). *Rain Gothenburg*.

<https://stadsutveckling.goteborg.se/rain-gothenburg/> [2019-04-23]

Stenmar, K. & Öhrner, R. (2015). Låt oss lära av skyfallen i Köpenhamn. *Dagens samhälle*.

<https://www.dagenssamhalle.se/debatt/lat-oss-laera-av-skyfallen-i-koepenhavn-15711> [2019-05-26]

Stockholms Stad (u.å., senast uppdaterad 2019-04-01). *Klimatförändringar och klimatanpassning*.

<http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimatforandringar-och-klimatanpassning/> [2019-04-19]

Stockholms vatten och avfall (u.å. a). *Svackdike*.

https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/svd_h.pdf [2019-05-20]

Stockholms vatten och avlopp (u.å. b). *Dammar och våtmarker*.

<http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/dammar.pdf> [2019-05-20]

Stockholms vatten och avlopp (u.å. c). *Infiltrationsstråk*.

https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/infistrak_h.pdf [2019-05-20]

Svenstrup, A. (2012). *Dagvattenhantering med "Rain Gardens"*. Kandidatexamensarbete. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet. https://stud.epsilon.slu.se/4399/1/svenstrup_a_120626.pdf

Sveriges Radio, Björkstén, U. (2014). *Köpenhamn lärde översvämningsläxan 2011*. <https://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=3345&artikel=5942507> [2019-04-24]

SVT Lööf, R. (2017). *Köpenhamn säkras mot översvämningsar - satsar elva miljarder*. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/skane/kopenhamn-sakras-mot-oversvamningar-satsar-elva-miljarder> [2019-04-24]

Sydsvenskan (TT) (2018). *Översvämningsar kostar miljontals kronor*. Sydsvenskan, 27 april. <https://www.sydsvenskan.se/2018-04-27/oversvamningar-kostar-miljontals-kronor> [2019-05-26]

Thynell A. & Fridell K. (2018). *Grönblå infrastruktur - hållbar dagvattenhantering i gaturum. Gröna fakta*. 7/2018. <http://www.tidningenutemiljo.se/wp-content/uploads/2018/11/Gr%C3%B6na-Fakta-7-2018-Gr%C3%B6nbl%C3%A5-infrastruktur.pdf>

UNESCO, (u.å.). *Inclusion Through Access to Public Space*. <http://www.unesco.org/new/en/social-and-human-sciences/themes/urban-development/migrants-inclusion-in-cities/good-practices/inclusion-through-access-to-public-space/> [2019-04-17]

Uppsala Vatten (u.å.). Pirard J. & Alm, H. *Dagvattenhantering - en exempelsamling*. https://www.uppsalavatten.se/Global/Uppsala_vatten/Dokument/Rapporter%20och%20redovisningar/dagvatten_exempelsamling.pdf [03-05-2019]

Världsnaturfonden WWF (u.å. a). *Vad är klimatförändringarna?* <https://www.wwf.se/klimat/klimatforandringar/> [02-05-2019]

Världsnaturfonden WWF (u.å. b). *Mänsklig påverkan*. <https://www.wwf.se/klimat/mansklig-paverkan/> [02-05-2019]

Västvatten (u.å.). *Dagvatten*. <https://vastvatten.se/varverksamhet/dagvatten.4.71312a601584c0ac1747cf5.html> [2019-04-10]

Wetserberg, O. & Pedersen, H. (2014) *Centrala Malmö dränks först*. Sydsvenskan, 1 september. <https://www.sydsvenskan.se/2014-09-01/centrala-malmo-dranks-forst>

Åberg, T. (2007). *Öppen dagvattenhantering i urbana miljöer*. Examensarbete, Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet. https://stud.epsilon.slu.se/12557/1/aberg_t_171025.pdf

Bildförteckning

Omslagsbild: Millicent Skogsmyr (2019).

Figur 1: Illustration av Millicent Skogsmyr. Fritt från Naturskyddsföreningen (u.å.), *Faktblad: Växthuseffekten*: <https://www.naturskyddsforeningen.se/skola/energifallet/faktablad-vaxthuseffekten>

Figur 2: Illustration av Millicent Skogsmyr, fritt från Lidköpings kommun (u.å.), *Vattnets kretslopp*. <https://lidkoping.se/boende-och-miljo/vatten-och-avlopp/vattnets-kretslopp/>

Figur 3: Illustration av Millicent Skogsmyr

Figur 4: Illustration av Millicent Skogsmyr, fritt från Skövde Kommun (2011), *Riktlinjer för dagvatten*, s.7 <https://www.skovde.se/globalassets/skovde-va/dokument/riktlinjer-for-dagvattenhantering-2011.pdf>

Figur 5: Fotografier av Åsa Thidell (2018). Med tillstånd från fotografen.

Figur 6: Illustration av Millicent Skogsmyr. Fritt från Malmö Stad, *Skyfallsplan för Malmö* (2016) s. 31

Figur 7: Illustration av Millicent Skogsmyr.

Figur 8: Fotografi av Millicent Skogsmyr (2019).

Figur 9: Illustration av Millicent Skogsmyr.

Figur 10: Fotografi av Marie Ullnert (2019). Med tillåtelse från Johan De Paoli, Göteborgs Stad.

Figur 11: Illustration av Millicent Skogsmyr. Fritt från De Urbanisten (u.å.), *Water Square Tiel* <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=water-square-tiel>

Figur 12: Fotografi och illustration Millicent Skogsmyr.

Figur 13: Fotografi och illustration Millicent Skogsmyr.

Figur 14: Fotografi och illustration Millicent Skogsmyr.

Figur 15: Fotografi och illustration Millicent Skogsmyr.